文章编号: 1000-565X(2011) 06-0100-06

# 氯化和 UVC 灭活铜绿微囊藻的机理<sup>\*</sup>

欧桦瑟' 高乃云' 郭建伟' 梅红' 李甜' 董磊'

(1. 同济大学 环境科学与工程学院//污染控制与资源化研究国家重点实验室,上海 200092;2. 上海大学 环境与化学工程学院,上海 200444)

摘 要:采用荧光光谱矩阵(EEM)法探讨了铜绿微囊藻胞内外溶解性有机物的荧光特征,并结合蓝藻生化指标(总蛋白含量、藻蓝蛋白含量、叶绿素 a 含量以及藻毒素(MC-LR)含量)研究了氯化和短波紫外线照射(UVC)处理铜绿微囊藻的机理.结果表明,与铜绿微囊藻相关的 EEM 荧光物质主要有类蛋白质物质(位于峰 A 和 B)与类腐殖质物质(位于峰 C 和 D).UVC 的灭活机理主要包括光降解和高级氧化,UVC 处理 60 min 后胞内类蛋白质物质被降解并转化为胞外类腐殖质物质,120 min 后残留较少;30 min 内藻蓝蛋白和 MC-LR 的去除率分别达到 83.55%和 94.70%,总蛋白和叶绿素 a 去除率较低.氯化处理主要依靠 HCIO 穿透进入藻细胞内部进行化学破坏和降解,处理 60 min 后胞内外类蛋白质物质减少,而胞外类腐殖质物质增加且有明显的残留;30 min 内藻蓝蛋白和总蛋白去除率分别达到 96.44%和 60.36%,MC-LR 和叶绿素 a 去除率较低.比较发现:中等强度UVC 灭藻及有机物降解效果显著;HCIO 能有效灭藻,但对水中溶解性有害有机物的控制效果不佳.

关键词: 蓝藻; 荧光光谱; 紫外线照射; 氯化; 铜绿微囊藻 中图分类号: X52 doi: 10.3969/j.issn.1000-565X.2011.06.018

近年来水体富营养化问题日益严重,江河湖泊 以及近海均有水华爆发并对人类的正常生活、生产 建设和社会活动产生了重大影响,甚至造成了巨大 的经济和社会损失,因而引起了人们的广泛关 注<sup>[1-2]</sup>.铜绿微囊藻作为常见淡水藻,是我国滇池和 太湖等湖泊的主要危害型藻种,其过量繁殖会产生 多种危害,包括产生剧毒微囊藻毒素(MCs)和嗅味 物质,同时藻细胞分泌物和残体形成藻源溶解性有 机物(AOM),它是天然有机物(NOM)的重要组成, 其中含有多种消毒副产物(DBPs)的前体物<sup>[3]</sup>,会对 饮用水安全构成重大威胁.

采用荧光光谱技术研究 NOM 是近年来的研究 热点. 荧光光谱技术具有选择性好,灵敏度高(10<sup>-9</sup> 数量级),且不破坏样品结构的优点,适用于研究生 化水质样品的化学和物理性质<sup>[4]</sup>.目前常用的荧光 光谱技术有荧光激发光谱、荧光发射光谱、同步荧光 光谱以及荧光光谱矩阵(EEM).EEM 已被广泛用于 海洋和环境方面的水质调查和检测中,国内外学者 和研究人员用其对腐殖质、蛋白质、氨基酸等溶解性 有机物(DOM)成分进行了研究<sup>[5]</sup>,同时将其应用在 膜处理方面;近年来亦有研究人员在含藻水的水质 跟踪调查中采用 EEM.藻类属于微生物,对藻类的 研究还需结合一定的生化指标和检测技术.本研究 采用 EEM 技术,结合常见生化指标,包括总蛋白含 量、藻蓝蛋白含量、叶绿素 a 含量、藻毒素(MC-LR) 含量以及溶解性有机碳(DOC)含量(均指质量浓 度),对氯化(即投加NaClO)和短波紫外线照射 (UVC)的灭活铜绿微囊藻(*Microcystis aeruginosa*)

收稿日期: 2010-08-18

作者简介: 欧桦瑟(1984-),男,博士生,主要从事水处理理论与技术研究. E-mail: ouhuase@yahoo. com. cn

<sup>\*</sup> 基金项目:国家科技重大专项项目(2008ZX07421-002 2008ZX07421-004);国家 "863"计划项目(2008AA06A412);住房和城 乡建设部研究开发项目(2009-K7-4)

过程进行对比,深入探讨其反应机理,以期为实际除 藻过程中的水质检测和生化分析提供有效的指导和 理论参考.

## 1 材料和方法

#### 1.1 藻种的培养

铜绿微囊藻藻种(*Microcystis aeruginosa*,FACHB-912) 购自中国科学院武汉水生生物研究所,采用 BG11 培养基进行培养.铜绿微囊藻母液在恒温培养 箱中于(25±1)℃下进行培养,培养箱内光照度为 1500 k,光暗周期为12h:12h.试验时,取一定量处 于对数期的藻母液用灭菌 BG11 培养基稀释到所需 浓度,从而得到实验用液.

1.2 实验试剂

采用 36.5% 的 NaClO 溶液(分析纯,由国药集团化学试剂有限公司生产),于实验前 30 min 配制并使用便携式检测仪按照国标方法进行质量浓度检测.用 KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>-NaOH 缓冲溶液对反应溶液的 pH 值进行调节.试验用水均采用 Milli-Q 超纯水,纯水机由美国 Millipore 公司生产.

1.3 实验方法

采用同一培养阶段的铜绿微囊藻进行反应,实验前用显微镜镜检测定单位体积内藻细胞个数并调节 pH 值到 6.8,以藻密度为 4.6×10<sup>7</sup> 个/mL 的藻 悬浊液进行反应.分别采用氯化和 UVC 照射两种方法对其进行处理 其中,UVC 单位照射剂量为 23 W/m<sup>2</sup> UVC 照射装置如图 1 所示. NaClO 溶液初始质量浓 度为  $3 \text{ mg/L}( 以 \text{ Cl}_2 +) ). 在特定时间取样(取样容器中预加 Na_2SO_3 溶液,用于终止反应),取样后立即 离心 10 min(5000 r/min),上清液用 GF/F 滤纸(由英国 Whatman 公司生产)过滤,得含有胞外溶解 性有机物(EDOM)的溶液;过滤后将滤纸捣碎,与离$ 



Fig. 1 Schematic diagram of collimated UVC irradiation device

心管沉积物混合并用超纯水定容;采用连续冻融法 (重复3次)通过镜检确保藻细胞破裂达到90%以 上,然后用 GF/F 滤纸过滤,即得胞内溶解性有机物 (IDOM)溶液.

#### 1.4 分析方法

EEM 采用日本 Hitachi 公司生产的 F-4500 型 荧光光谱分析仪进行测定. 激发光源为 150 W 的氙 弧灯,光电倍增管(PMT) 电压为 700 V; 激发带通为 5 nm,发射带通为 10 nm; 激发波长 $\lambda_{ex}$  = 215 ~ 450 nm,发射波长 $\lambda_{em}$  = 280 ~ 550 nm; 扫描速度为 1 200 nm/min; 扫描光谱进行仪器自动校正. 使用 Matlab 软件进行 EEM 数据处理. 采用 e2695-2489 高效液相色谱系统(美国 Waters 公司) 配合岛津公 司的 VP-ODS 色谱柱(250.0 mm × 4.6 mm) 测定 MC-LR 含量; 流动相为体积比为 6:4 的甲醇/超纯 水混合溶液,其中甲醇为 HPLC 纯 德国 Merck 公司 生产,超纯水中预先添加 0.05% (体积分数) 的三氟 乙酸; 流动相流速为 1 mL/min 柱温为 40 °C.

DOC 含量采用 TOC-V<sub>CPH</sub>分析仪(日本 Shimazu 公司)进行检测;总蛋白含量采用考马斯亮蓝法测 定;藻蓝蛋白含量采用 OTSUKI 所述方法进行检 测<sup>[6]</sup>;叶绿素 a 含量采用文献 [7]中所述方法进行 提取和检测; pH 值采用 PHS-3C 型 pH 计测定.

#### 2 结果和讨论

#### 2.1 铜绿微囊藻的常规参数和 EEM 特性

对数生长期的铜绿微囊藻的各项水质和生命指标见表1.图2(a)和2(b)分别为对数生长期铜绿微 囊藻的胞外和胞内溶解性有机物的 EEM 特征.

表1 铜绿微囊藻的特征参数

Table 1 Characteristic parameters of Microcystis aeruginosa

参数	数值
藻细胞密度/( 个・mL⁻¹)	$4.6 \times 10^7$
叶绿素 a 含量 /( μg・L <sup>-1</sup> )	0.65
总蛋白含量/(mg・L <sup>-1</sup> )	16.78
藻蓝蛋白含量/( mg・L⁻¹)	7.65
胞外溶解性有机碳( EDOC) 含量 /( mg・L <sup>-1</sup> )	3.21
胞内溶解性有机碳( IDOC) 含量 /( mg・L <sup>-1</sup> )	23.63
MC-LR 含量 /( mg・L <sup>-1</sup> )	0.11

由图 2 中可知: EDOM 只有一个比较明显的荧 光峰(峰 A,位于 $\lambda_{ex}$  = 280 nm、 $\lambda_{em}$  = 331 nm 处) ,属 于类蛋白质物质的峰; 在 $\lambda_{ex}$  > 250 nm  $\lambda_{em}$  > 350 nm 的区域内有一片强度低、宽阔的峰带(峰 C 和 D), 属于类腐殖质物质的峰. 位于峰A的荧光有机物主



- 图 2 对数生长期铜绿微囊藻的 EDOM 与 IDOM 的 EEM 特征
- Fig. 2 EEM properties of extracellular and intracellular dissolved organic matters of *Microcystis aeruginosa* in logarithmic growing period

要为微生物溶解性有机物,可能是由一些带有荧光 基团(色氨酸、苯丙氨酸、酪氨酸)的氨基酸、多肽和 蛋白质所组成的;根据文献[8],峰C和D所代表的 物质是由藻体分泌物以及死亡藻类细胞残留物所构 成的,包括类富里酸和类腐殖酸等,成分复杂;较低 的响应值说明处于对数生长期的藻类悬浊液中,藻 类活性高,细菌数量少且细菌降解活动不明显.

与 EDOM 不同, IDOM 具有 4 个较明显的荧光 峰,分别是两个类蛋白质物质的峰 A 和 B(峰 A 位 于 $\lambda_{ex} = 280 \text{ nm}, \lambda_{em} = 331 \text{ nm}$  处,峰 B 位于 $\lambda_{ex} = 230 \text{ nm}, \lambda_{em} = 330 \text{ nm}$  处)以及两个类腐殖质物质的 峰 C 和 D(峰 C 位于 $\lambda_{ex} = 273 \text{ nm}, \lambda_{em} = 450 \text{ nm}$  处,峰 D 位于 $\lambda_{ex} = 354 \text{ nm}, \lambda_{em} = 447 \text{ nm}$  处).其中,峰 A 和 B 面积广 强度大,对应于多种荧光物质,微生物产 生的溶解性有机物、芳香族蛋白质以及酚类物质在 峰 A 位置均有响应<sup>[5]</sup>,而类酪氨酸和类色氨酸芳香 族物质在峰 B 位置有响应.峰 A 和 B 表征了正常的 蓝藻细胞中所含的多种荧光物质,主要有:蛋白质 (酶、藻蓝蛋白)、多肽(藻毒素)、氨基酸、DNA 以及 叶绿素 a(叶绿素 a 属于疏水物质,提取的 IDOM 中 含量极少).峰 C 和 D 主要为类富里酸和类腐殖酸 物质的峰,它们可能来源于死亡的藻细胞.

2.2 氯化和 UVC 处理铜绿微囊藻的机理分析 2.2.1 UVC 反应过程中的多参数特性分析

UVC 属于短波紫外光,190~280 nm 波长范围 的紫外光都属于 UVC,本实验采用波长为 254 nm 的 紫外光照射灭藻.UVC 照射引起的胞内外溶解性有 机物的 EEM 特征变化见图 3,每个 EEM 谱图反映 了该时间点的荧光物质特性.图4为 UVC 反应过程 中 EEM 各个特征峰的峰值(FI)变化,其中 t 表示时 间.由图 3、4 可知,EDOM 的主要特征峰为峰 A、C 和 D,其中,峰 A 的荧光强度随着时间延长逐渐减 弱,而峰 C 和 D 的则先增强后减弱; FI 可以提供定 量分析,原样的峰 A 的 FI 为 142 AU,反应 20 min 后 减少为 53 AU 60 min 后基本检测不出;原样的峰 C 和 D 的 FI 在 20~40 min 产生突跃, FI 分别从33 AU



#### 图 3 UVC 反应过程中铜绿微囊藻的 EDOM 和 IDOM 的 EEM 特征变化

Fig. 3 EEM properties of extracellular and intracellular dissolved organic matters of *Microcystis aeruginosa* under UVC treatment



Fig. 4 Variation of FI of extracellular and intracellular dissolved organic matters under UVC treatment

和 23 AU 增加到 200 AU 和 140 AU,之后又有所降低. IDOM 的 EEM 谱图则包括 4 个峰:峰 A、B、C 和 D,其中,峰 A 和 B 的响应值在 0~60 min 均降低,FI 分别从 545 AU 和 293 AU 逐渐降低到 30 AU 和 20 AU; 而峰 C 和 D 的 FI 则随时间的延长先增后减,曲线拐点出现在 20 min 时,和 EDOM 的峰 C 和 D 的 FI 突跃过程同步.

UVC 照射引起的铜绿微囊藻的生化指标和 DOC 含量的变化见表 2. 四种物质对 UVC 具有不同 的耐受性,降解速度为: MC-LR > 藻蓝蛋白 > 总蛋 白 > 叶绿素 a. DOC 含量的变化则具有一定的互补 性,但总和并非恒定值,即 UVC 降解过程中有一定 的矿化作用.

表 2 UVC 反应过程中生化指标和 DOC 含量的变化

 
 Table 2
 Variations of biochemical parameters and DOC content under UVC treatment

参数	数值		
	30 min	60 min	120 min
 叶绿素 a 去除率/%	17.46	23.27	45.66
总蛋白去除率/%	15.46	64.97	93.62
藻蓝蛋白去除率/%	83.55	98.62	100.00
MC-LR 去除率/%	94.70	98.44	100.00
EDOC 含量/(mg・L <sup>-1</sup> )	3.52	4.46	9.55
IDOC 含量/(mg・L <sup>-1</sup> )	17.64	5.94	4.34

EEM、生化指标以及 DOC 含量的变化对解释 UVC 的灭藻机理具有重要意义. 在本实验中,UVC 主要通过光降解和高级氧化进行灭藻. UVC 具有强 透射性,高强度 UVC 能引发细胞内蛋白质、多肽、氨 基酸等的光降解;同时,UVC 能在细胞内和细胞外 同时引发强氧化性物质的生成,如 OH・、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>等, 对藻细胞具有强烈的刺激和氧化作用.

反应前期(0~30 min),藻细胞在 UV 照射下仍 保持完整的细胞形态,但此时其胞内外生命物质已 开始降解.最明显的为胞内的 MC-LR 及藻蓝蛋白, UVC 照射下两者在 30 min 时的去除率分别为 94.70%和83.55%.MC-LR 属于多肽,藻蓝蛋白是 蓝藻主要的捕光色素,分布于类囊体表面,在 UV 波 段有较强的吸收,研究已证实 MC-LR 和藻蓝蛋白对 UVC 具有高度的敏感性,在 UVC 照射下 MC-LR 能 快速降解<sup>[9]</sup>.此外,蓝藻光系统 II (PS II)的 D1 蛋 白对 UVC 极为敏感,大量研究表明 UVC 照射会导 致 D1 蛋白的光降解,使 PS II 功能下降.藻细胞自身 的过氧化防御体系也依赖多种酶类的作用,在 UVC 透射时亦受到破坏.以上多种反应将藻细胞内部的 生命活性物质氧化为类腐殖质物质,促成前期 IDOM 的峰 A、B 向峰 C、D 的转化(见图 3),并引起 反应中期(30~60 min)藻细胞的大量死亡、破裂和 IDOM 的释放,以及 IDOM 类蛋白物质的骤减和 EDOM 类腐殖质物质的突增(见图 3(b)和3(e)). 30 min 时总蛋白去除率为 15.46%,而 60 min 时为 64.97%在 60 min 时藻细胞群体已经死亡一半以 上 到 120 min 时可认为全部死亡.

值得注意的是 胞内叶绿素 a 对 UVC 的敏感度 较低,说明 UVC 对活体叶绿素 a 的降解效果并不明 显,120 min 时只达到 45.66% 的去除率,这可能和细 胞内多种保护体系以及叶绿素 a 自身的光敏性有 关;而藻蓝蛋白在 30 min 即被降解 83.55%,说明 UVC 在铜绿微囊藻灭活过程中的决定性因子应为 藻蓝蛋白而不是叶绿素 a,采用叶绿素 a 作为灭活 率指标并不适用于高强度的 UV 灭藻.

2.2.2 氯化反应过程中的多参数特性分析

氯化反应过程中有效物质为 HClO 灰活过程中 EDOM 和 IDOM 的 EEM 谱图见图 5, FI 变化如图 6 所示. EDOM 的 EEM 变化过程有 3 个特征峰,分别 为峰 A、C 和 D 其中 峰 A 的强度减弱了 14%,说明 HCIO 对藻悬浊液的胞外溶解性类蛋白质物质的降 解效果不明显; 而峰 C 和 D 的则有较大增加,响应 值分别从 35 AU 和 30 AU 增加到 860 AU 和 501 AU; 突跃位于 20 min 前后,说明此时藻细胞大规模破裂 和释放 随后峰 C 和 D 的 FI 一直增加 ,说明水中的 游离态 HClO 继续反应,生成大量类腐殖质物质. IDOM 的 EEM 特性变化则分成两种趋势 ,类蛋白质 物质峰 A 和 B 的荧光强度均随着反应减弱,其 FI 在 0~25 min 内分别从 560 AU 和 300 AU 降低到 56 AU 和 49 AU; 而峰 C 和 D 的则先升后降, 0~ 25 min 内分别从 150 AU 和 90 AU 上升到 870 AU 和 430 AU. 反应 60 min 后 IDOM 的类蛋白质物质明显 减少,被降解并形成 EDOM 的腐殖质物质,随着反 应不断增加且有明显的残留.

生化指标以及 DOC 含量的变化见表 3. 降解速 率为:藻蓝蛋白 > 总蛋白 > MC-LR > 叶绿素 a,说明 氯化灭藻机理与 UVC 的明显不同.氯化处理时,藻 蓝蛋白和总蛋白在 30 min 的去除率分别为 96.44% 和 60.36%,而 30 min 之后 EDOC 含量突然增加,因 此认为 30 min 之前主要为胞内降解.这和 HClO 具 有 细 胞 壁/膜 穿 透 性 密 切 相 关,反 应 前 期 (0~30 min),HClO 和藻细胞接触后穿透进入细胞, 对细胞内部结构和活性物质进行氧化和降解,而这 期间藻细胞的完整性仍然维持,但其内部结构和蛋 白质等物质却逐渐被渗入的 HClO 破坏,宏观上



#### 图 5 氯化反应过程中铜绿微囊藻的 EDOM 和 IDOM 的 EEM 特征变化

Fig. 5 EEM properties of extracellular and intracellular dissolved organic matters of *Microcystis aeruginosa* under chlorination treatment





表现为 IDOM 的类蛋白质含量(峰 A 和 B)的减少和 类腐殖质含量(峰 C 和 D)的增加.反应中期(30~ 60 min) 藻细胞解体并破裂死亡 表现为 IDOM 的类 腐殖质荧光物质含量的骤降和 EDOM 的相应成分 含量的突跃; EEM 谱图显示在 30 min 时细胞内荧光 有机物已经被破坏殆尽,总蛋白去除率为 60.36%, 可以认为在该时间藻细胞群体已消亡.

#### 表 3 氯化反应过程中生化指标和 DOC 含量的变化

 
 Table 3
 Variations of biochemical parameters and DOC content under chlorination treatment

参数	数值		
	30 min	60 min	120 min
叶绿素 a 去除率/%	21.79	31.58	35.49
总蛋白去除率/%	60.36	85.32	93.92
藻蓝蛋白去除率/%	96.44	100.00	100.00
MC-LR 去除率/%	34.58	42.55	47.36
EDOC 含量 /( mg・L <sup>-1</sup> )	3.25	13.61	14.15
IDOC 含量 /( mg・L <sup>-1</sup> )	10.54	3.77	3.22

### 3 结论

(1) EEM 能较好地表征水中和细胞内所含的荧 光性物质,结合生化指标能较全面地描述氯化和 UVC 的灭藻过程.

(2)氯化和 UVC 对铜绿微囊藻的灭活及对相 关有机物的降解机理不同.UVC 的灭活机理主要包 括光降解和高级氧化,UVC 能有效灭藻,降解胞内 外荧光有机物,消除藻蓝蛋白和 MC-LR,对这两者 的降解既能有效杀灭藻细胞,防止其继续繁殖增长, 又能在短时间内对其所在水体进行无害化处理,但 需时较长(120 min),能耗较高.氯化主要依靠 HClO 穿透进入藻细胞内部进行化学破坏和降解.低浓度 氯化处理灭藻时间短,灭活效果好,但会产生较多的 类腐殖质物质,同时对 MC-LR 的去除效果不佳,说 明氯化作为含有铜绿微囊藻的水源水的预处理工艺 可能具有一定的风险.

后继研究中,可以就 UVC 以及氯化处理进行经 济与风险评估以及对比,从而寻找最优化和最有效 的处理铜绿微囊藻的方法.

#### 参考文献:

 Qiao R P Li N Qi X H et al. Degradation of microcystin-RR by UV radiation in the presence of hydrogen peroxide
 [J]. Toxicon 2005 45(6):745-752.

- [2] Rodriguez E ,Onstad G D ,Kull T P J ,et al. Oxidative elimination of cyanotoxins: comparison of ozone ,chlorine , chlorine dioxide and permanganate [J]. Water Research , 2007 ,41(15): 3381–3393.
- [3] Plummer J D ,Edzwald J K. Effect of ozone on algae as precursors for trihalomethane and haloacetic acid production [J]. Environmental Science & Technology 2001 ,35 (18): 3661-3668.
- [4] Peuravuori J ,Koivikko R ,Pihlaja K. Characterization differentiation and classification of aquatic humic matter separated with different sorbents: synchronous scanning fluorescence spectroscopy [J]. Water Research ,2002 , 36(18):4552-4562.
- [5] Baker A. Fluorescence properties of some farm wastes: implications for water quality monitoring [J]. Water Research 2002 36(1):189-195.
- [6] Otsuki A ,Omi T ,Hashimoto S ,et al . HPLC fluorometricdetermination of natural phytoplankton phycocyanin and its usefulness as cyanobacterial biomass in highly eutrophic shallow lake [J]. Water Air and Soil Pollution ,1994 ,

76(3/4):383-396.

- [7] 魏复盛. 水和废水监测分析方法 [M]. 4 版. 北京: 中 国环境科学出版社 2002.
- [8] Rochelle-Newall E J ,Fisher T R. Production of chromophoric dissolved organic matter fluorescence in marine and estuarine environments: an investigation into the role of phytoplankton [J]. Marine Chemistry 2002 77(1):7–21.
- [9] Sinha R P Kumar H D Kumar A et al . Effects of UV-B irradiation on growth survival ,pigmentation and nitrogenmetabolism enzymes in cyanobacteria [J]. Acta Protozoologica ,1995 34(3):187-192.
- [10] Huang T L Zhao J W ,Chai B B. Mechanism studies on chlorine and potassium permanganate degradation of microcystin-LR in water using high-performance liquid chromatography tandem mass spectrometry [J]. Water Science and Technology 2008 58(5):1079-1084.
- [11] Acero J L Rodriguez E Majado M E et al. Oxidation of microcystin-LR with chlorine and permanganate during drinking water treatment [J]. Journal of Water Supply Research and Technology-Aqua 2008 57(6):371-380.

## Inactivation Mechanism of *Microcystis aeruginosa* by Chlorination and UVC Irradiation

Ou Hua-se<sup>1</sup> Gao Nai-yun<sup>1</sup> Guo Jian-wei<sup>1</sup> Mei Hong<sup>2</sup> Li Tian<sup>1</sup> Dong Lei<sup>1</sup>

( 1. College of Environmental Science and Engineering//State Key Laboratory of Pollution Control and

Resources Reuse , Tongji University , Shanghai 200092 , China;

2. College of Environmental and Chemical Engineering , Shanghai University , Shanghai 200444 , China)

**Abstract**: In this paper, the fluorescent characteristics of intracellular and extracellular dissolved organic matters of Microcystis aeruginosa were investigated by means of the EEM (Excitation Emission Matrix) fluorescence spectroscopy, and the inactivation mechanism of *Microcystis aeruginosa* by chlorination and UVC irradiation was analyzed according to the cyanobacterial biochemical indexes such as the contents of total protein , phycocyanin , chlorophylla and microcystin-LR. The results indicate that (1) the characteristic materials associated with Microcystis aeruginosa are mainly protein-like matters corresponding to peaks A and B and humic-like matters corresponding to peaks C and D; (2) the inactivation of *Microcystis aeruginosa* by UVC irradiation is mainly due to the photodegradation and advanced oxidation; (3) after a UVC irradiation for 60 min, the intracellular protein-like matters are transformed into extracellular humic-like ones, and few residuals are found after 120 min; (4) the removals of phycocyanin and microcystin-LR respectively reach 83.55% and 94.70% after 30 min , while the removals of total protein and chlorophyll-a are relatively low; (5) the inactivation of *Microcystis aeruginosa* by chlorination is mainly due to the chemical ablation and degradation of cyanobacteria cells by the permeated HClO; (6) after a chlorination for 60 min, both the intracellular and the extracellular protein-like matters decline with significant remain of extracellular humic-like matters; (7) the removals of phycocyanin and total protein respectively reach 96. 44% and 60. 36% after 30 min, while the removals of microcystin-LR and chlorophyll-a are relatively low; (8) the UVC irradiation with medium intensity is effective in the removal of cyanobacteria and the purification of dissolved organic matters; and (9) the HClO permeated into cyanobacteria cells is also effective in the removal of cyanobacteria but is ineffective in the purification of dissolved organic matters.

Key words: cyanobacteria; fluorescence spectrum; ultraviolet irradiation; chlorination; Microcystis aeruginosa